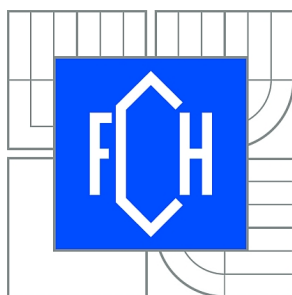




VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



FAKULTA CHEMICKÁ

**ÚSTAV CHEMIE A TECHNOLOGIE OCHRANY
ŽIVOTNÍHO PROSTŘEDÍ**

FACULTY OF CHEMISTRY

INSTITUTE OF CHEMISTRY AND TECHNOLOGY OF
ENVIRONMENTAL PROTECTION

VLIV POLYMERŮ NA SNÍŽENÍ PRAŠNOSTI

INFLUENCE OF POLYMERS TO REDUCE DUST

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

MICHAL ŠUBRT

VEDOUcí PRÁCE

SUPERVISOR

prof. RNDr. MILADA VÁVROVÁ, CSc.

BRNO 2011



Vysoké učení technické v Brně
Fakulta chemická
Purkyňova 464/118, 61200 Brno 12

Zadání bakalářské práce

Číslo bakalářské práce:	FCH-BAK0587/2010	Akademický rok: 2010/2011
Ústav:	Ústav chemie a technologie ochrany životního prostředí	
Student(ka):	Michal Šubrt	
Studijní program:	Chemie a chemické technologie (B2801)	
Studijní obor:	Chemie a technologie ochrany životního prostředí (2805R002)	
Vedoucí práce	prof. RNDr. Milada Vávrová, CSc.	
Konzultanti:		

Název bakalářské práce:

Vliv polymerů na snížení prašnosti

Zadání bakalářské práce:

1. Zpracování literární rešerše zaměřené na možnosti využití polymerů pro odstraňování prašnosti v průmyslových ekosystémech.
2. Budou popsány vlastnosti tohoto polymeru a bude naplánován modelový pokus, v rámci kterého bude ověřena účinnost tohoto polymeru
3. Zpracování získaných výsledků a jejich interpretace.

Termín odevzdání bakalářské práce: 6.5.2011

Bakalářská práce se odevzdává ve třech exemplářích na sekretariát ústavu a v elektronické formě vedoucímu bakalářské práce. Toto zadání je přílohou bakalářské práce.

Michal Šubrt
Student(ka)

prof. RNDr. Milada Vávrová, CSc.
Vedoucí práce

doc. Ing. Josef Čáslavský, CSc.
Ředitel ústavu

V Brně, dne 31.1.2011

prof. Ing. Jaromír Havlica, DrSc.
Děkan fakulty

ABSTRAKT

Předložená bakalářská práce řeší problematiku snížení hrubých emisí do okolního prostředí. Za tímto účelem bude ověřen specifický typ polymerní sloučeniny kanadské provenience. Cílem bakalářské práce bude rovněž vytipovat kladné vlastnosti polymeru a určit vhodný způsob aplikace; posuzováno bude již zmíněné snížení prašnosti, zpevnění plochy po aplikaci, případně snížení její propustnosti a zvýšení její maximální hustoty za sucha.

KLÍČOVÁ SLOVA

Polétavý prach, ovzduší, hydroxypropylmethylcelulosa, snížení emisí, polymer.

ABSTRACT

The main issue this bachelor thesis deals with the reduction of emit into the enviroment. A specific type of polymer compound from Canadian provenance will be tested for this purpose. The aim of this work will be the identification of positive characteristics of the polymer, and determine to the appropriate method of application. The above mentioned reduction of dust, stabilization of areas after application, possibly reduction of its permeability and increase of its maximum dry density will also by measured.

KEYWORDS

Particulate matter, air, hydroxypropylmethylcelulose, reduction of emissions, polymer.

Šubrt, M. *Vliv polymerů na snížení prašnosti*. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta chemická, 2011. 37 s. Vedoucí bakalářské práce prof. RNDr Milada Vávrová CSc.

PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci vypracoval samostatně a že všechny použité literární zdroje jsem citoval správně a úplně. Bakalářská práce je z hlediska obsahu majetkem Fakulty chemické VUT v Brně a může být využita ke komerčním účelům jen se souhlasem vedoucího bakalářské práce a děkana FCH VUT.

.....
podpis studenta

Poděkování:

Rád bych poděkoval prof. RNDr. Miladě Vávrové CSc. za odborné vedení, za konzultace a za cenné rady při tvorbě mé bakalářské práce a Ing. Vítězslavu Votrubovi za námět a poskytnutí materiálů s danou tematikou.

OBSAH

1. ÚVOD	6
2. POLYMERY.....	7
2.1. Základní vlastnosti.....	7
2.2. Rozdělení polymerů	7
2.2.1. Přírodní polymery	7
2.2.1.1. Polyterpeny	7
2.2.1.2. Polysacharidy	8
2.2.1.3. Bílkoviny	9
2.2.2. Syntetické polymery	9
2.2.2.1. Termoplasty	9
2.2.2.2. Reaktoplasty.....	10
2.2.2.3. Syntetické kaučuky	10
3. PRAŠNOST.....	11
3.1. Původ prachových částic.....	11
3.2. Typy látek vázané na prašné částice	11
3.3. Zdravotní rizika spojená s prašnými částicemi.....	12
3.4. Legislativní otázka prašnosti.....	13
3.5. Stanovení a vysvětlení pojmu polétavý prach.....	15
3.6. Metody boje s prašností	22
3.7. Situace v ČR	23
4. DEFINICE A VLASTNOSTI APLIKOVANÉHO POLYMERU	30
5. VLIV POLYMERU NA SNÍŽENÍ PRAŠNOSTI	31
5.1. Princip aplikace polymeru	31
5.2. Výhody pro místo aplikace	32
6. ZÁVĚR.....	34
7. SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY	35
8. SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK A SYMBOLŮ	37

1. ÚVOD

Ochrana životního prostředí patří mezi základní požadavky, které by se prioritně měly řešit v 21. století. Velký důraz je kladen zejména na ochranu ovzduší, které může následně způsobovat sekundární kontaminaci ostatních, především abiotických složek životního prostředí. Tento všeobecně deklarovaný požadavek platí rovněž pro Českou republiku.

Dnem vstupu České republiky do Evropské unie platí na našem území nařízení (ES) 2037/2000 o látkách, které poškozují ozonovou vrstvu. Toto nařízení bylo zrušeno od 1. ledna 2010 a nahrazeno novým nařízením Evropského parlamentu a rady (ES) č. 1005/2009. V platnosti zůstala jen doplňující národní právní úprava, zajišťovaná Zákonem o ochraně ovzduší č. 86/2002 Sb. ve smyslu pozdějších znění a předpisů a také Vyhláškou č. 279/2009 Sb., o předcházení emisím regulovaných látek a fluorovaných skleníkových plynů. Tyto dva národní právní nástroje zcela pokrývají oblasti vymezené výše citovaným nařízením ES pro povinnou právní úpravu ze strany členských zemí. Výše citované legislativní předpisy EU slouží nejen k implementaci požadavků Vídeňské úmluvy na ochranu ozonové vrstvy, ale také k dodržování požadavků deklarovaných v Montrealském protokolu o látkách poškozujících ozonovou vrstvu.

Poslední publikované studie zaměřené na "prach" v atmosféře prokázaly, že jeho množství se ve 20. století ve všech zemích EU zdvojnásobilo. Nejedná se však pouze o antropogenní aerosol, ale také o přirozené částice, tj. částčky půdy, případně pouštní prach. Při tomto sledování je však naprosto nezbytné vzájemné propojení s klimatem. Spojení aerosolu a klimatu může být přímé i nepřímé. Jako přímý efekt se uvádí snížení množství sluneční radiace, nepřímý vliv je naopak spojen s odrazem slunečního záření zpět do vesmíru. Nepřímý vliv úzce souvisí s oblačností, protože je známo, že její vznik je podporován právě přítomností aerosolu. V této souvislosti je nezbytné si uvědomit tu skutečnost, že s rostoucími koncentracemi aerosolu bude sice narůstat oblačnost, avšak tato oblačnost bude v méně případech srážková, což může mít za následek dlouhotrvající sucha.

Předložená bakalářská práce, která je teoretického charakteru, se zabývá využitím polymerů pro zkvalitnění a ochranu ovzduší, a to především pro snížení prašnosti, se kterou se potýká mnoho míst jak v České republice, tak také ve světě. Polymery se jeví jako perspektivní materiál pro ochranu životního prostředí a to nejen pokud se týče ochrany ovzduší.

Ověřovaný a v práci diskutovaný polymer („Earthzyme - půdní stabilizát“) je přírodní látka, která nemá žádný vedlejší vliv na životní prostředí. Vyvinula ho kanadská firma Cypher Environmental Ltd. Jeho aplikace je nenáročná a provádí se převážně formou postřiku. Jeho aplikace však nesouvisí pouze se snížením prašnosti, ale rovněž dochází k následnému zpevnění aplikované plochy; tak se současně snižují náklady na její udržování.

Tento polymer má již ve světě využití zejména v okolí povrchových dolů a na nezpevněných komunikacích. Z dostupných zdrojů je známo, že je již využíván například v Číně, Kolumbii a Mongolsku.

2. POLYMERY

Polymery neboli makromolekulární látky jsou chemické sloučeniny, které vznikají z monomerů. Jsou složené z velkého počtu atomů vázaných k sobě chemickými vazbami; většinou se jedná o atomy uhlíku, kyslíku, vodíku, dusíku, případně také jiných prvků.

Polymery jsou většinou nacházejí v pevném skupenství, avšak v určité fázi polymerizace a přípravy se polymer nachází v kapalném stavu, kde se určuje jeho tvar [1,2,15].

2.1 Základní vlastnosti

Charakteristické vlastnosti nízkomolekulárních látek vyplývají z nízké molekulové hmotnosti, z jednotného složení a velikosti. Mezi tyto základní vlastnosti patří bod varu, bod tání a index lomu. Obecně lze molekuly o několika stavebních jednotkách označovat jako oligomery. Tím, že zvyšujeme počet stavebních jednotek, zvyšujeme molekulovou hmotnost a kolem 10^4 se objevují vlastnosti, které se u nízkomolekulárních látek nevyskytují.

Postupně mizí vlastnosti nízkomolekulárních látek a objevují se typické vlastnosti makromolekul, jakými jsou bobtnání v rozpouštědlech, vysoká viskozita roztoků již při nízkých koncentracích a koloidní charakter roztoků. Se zvyšující se délkou makromolekul se mění fyzikálně-mechanické vlastnosti a vzniká polymerní materiál. Polymerní materiál se vyznačuje vlastnostmi jako kaučuková elasticita, schopnost tvořit filmy nebo vlákna a pevnost.

Vlastnosti polymerních sloučenin ovlivňuje v první řadě struktura hlavního řetězce a poté chemický charakter atomů tvořících řetězec. Řetězce makromolekul mohou být lineární, rozvětvené nebo nesíťované. Neexistuje však přesné vymezení mezi nízkomolekulárními a makromolekulárními látkami. Hodnotu 10^4 lze považovat za orientační. Hranice mezi oligomerem a polymerem je určena vnějšími vlastnostmi materiálu [1,2].

2.2 Rozdělení polymerů

2.2.1. Přírodní polymery

Makromolekulární látky vznikají v přírodě specifickými procesy. Biochemická výstavba makromolekul se liší od dnes používaných chemických syntéz. Biochemické reakce jsou zpravidla zvrtné a účastní se jich biokatalyzátory, kterými jsou enzymy. Řetězce vznikají procesem polykondenzace.

Typickým znakem biochemických syntéz je vysoký stupeň strukturní uspořádanosti vzniklých polymerů, vyvolaný přísnou stereospecifičností enzymů katalyzujících tyto biosyntézy. Přírodní polymery dělíme podle jejich základních stavebních jednotek [1,2,15].

2.2.1.1. Polyterpeny

Polyterpeny vyskytující se v přírodě jsou kaučuk, gutaperča a balata. Základním monomerem je isopren. Přírodní kaučuk je obsažen ve více než 1 000 druzích vyšších rostlin. Kaučukový latex je bílá mlékovitá kapalina, která je vytvářena suspenzí kaučukových částic o rozměrech do 3 μm ve vodném prostředí. Sušina latexu bývá 35 % až 41 % a obsahuje kolem 90 % kaučukového polymeru.

Surový kaučuk získávaný koagulací je hlavně poly – 1,4 – cis – isopren (93 – 95%) s malým množstvím proteinů, lipidů a jiných složek v nepatrném množství. Isopren může

tvořit jeden polymer se strukturou cis a dva izomery s konfigurací trans na dvojných vazbách. Cis – forma odpovídá kaučuku, trans formy α - gutaperče a β – gutaperče.

Nejdůležitější reakcí přírodního kaučuku je tzv. vulkanizace, při které dochází k zesíťování polymerních řetězců. Při vulkanizaci se původní, převážně plastický surový kaučuk se mění na vysoce elastický vulkanizovaný kaučuk – pryž [1,2].

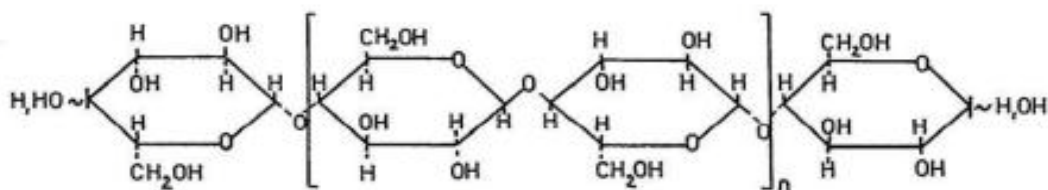
2.2.1.2. Polysacharidy

Mezi cukry řadíme polyhydroxyaldehydy a polyhydroxyketony nebo látky, které je hydrolýzou poskytují. Cukry s aldehydovou skupinou označujeme jako aldosa, s ketonovou jako ketosa. Další dělení polysacharidů je možné podle počtu uhlíků (triosy, pentosy, hexosy, aj.).

Polysacharidy jsou polymery složené z mnoha molekul monosacharidů, navzájem spojených glykosidickými vazbami. Velmi důležité a velmi rozšířené polysacharidy jsou odvozené od D-glukosy – celuloza a škrob.

Celuloza je polysacharid tvořící trvalou strukturu rostlinných buněčných stěn. Její elementární složení odpovídá vzorci $C_6H_{10}O_5$. Celulosový řetězec se skládá z molekul glukosy spojených v polohách 1,4 -glykosidickou vazbou. U celulosy nacházíme intramolekulární a intermolekulární vodíkové vazby, jejichž existence byla prokázána pomocí IČ spekter. Intramolekulární vazby způsobují určitou tuhost a vznik makromolekuly, intermolekulární jsou příčinou nerozpustnosti ve vodě a v běžných rozpouštědlech. Čisté celulosové řetězce jsou v dřevěných buňkách vázány na hemicelulosy nebo lignin. Měkká i tvrdá dřeva obsahují asi 50 % celulosy, 25 % hemicelulos a 25 % ligninu na sušinu. Produkty delignifikace dřeva a rostlinných materiálů se označují jako buničina a obsahují vedle celulosy menší množství hemicelulos, malé zbytky -celulos, která se odlišuje β -D-glukosy, které spolu tvoří hemicelulosy. Toto dělení celulosy je založeno na nerozpustnosti α -celulosy v roztoku NaOH o koncentraci 17,5 – 18 %.

Škrob je asimilačním produktem rostlin a hromadí se v některých rostlinných orgánech jako rezervní látka (v bramborách, obilí, rýži). Škrobová zrna se skládají do dvou strukturně se lišících polysacharidů, amylosy (lineární) a amylopektinu (rozvětvený). Amylosa a amylopektin se od sebe liší rozpustností. Zatímco amylosa se rozpouští v horké vodě, amylopektin je nerozpustný. Amylosa i amylopektin se vlivem kyselé hydrolýzy snadno štěpí, poskytují několik štěpných produktů a nakonec až -D-glukosu; v podstatě se jedná o poly-(α -D-glukosy). Na konci řetězce je, a to stejně jako u celulosy, neredukující jednotka, na druhém konci je redukující jednotka. Hlavní rozdíl je v tom, že celuloza je β -glykosidem a amylosa α -glykosidem. Makromolekuly amylosy i amylopektinu mají tendenci tvořit klubkové útvary. Ve vodě za tepla dochází k bobtnání škrobu. Škrob snadno podléhá hydrolýze, oxidaci, termickému a mechanickému odbourávání [1,2].



Obr. č. 1.: Molekula celulosy [1].

2.2.1.3. Bílkoviny

Bílkoviny tvoří základní složku živých organismů a spolu s nukleovými kyselinami podmiňují podstatu životních dějů. Vlastnosti bílkovin jsou podmíněny chemickým složením, prostorovým uspořádáním a vlastnostmi. Bílkoviny (proteiny) jsou makromolekulární sloučeniny vybudované z aminokyselin spojených peptidickými vazbami. Bílkoviny se liší od ostatních syntetických i přírodních polymerů tím, že nejsou vybudovány z jedné nebo několika málo základních složek, ale z více než 20 aminokyselin. Všechny aminokyseliny v bílkovinách mají L konfiguraci.

Podle tvaru molekul jsou bílkoviny vláknité (vlasy, svalová vlákna, ...) nebo kulové (vaječné bílkoviny, mléčné, ...). Proteiny dělíme z chemického hlediska na proteiny, bílkoviny jednoduché (štěpí se hydrolyzou na základní aminokyseliny) a složené – proteidy (vedle bílkovinné složky obsahují ještě nebílkovinnou jako cukry, tuky, ...).

- Některé významné bílkoviny:

- Kasein – Bílkovinou součástí mléka, používá se na výrobu lepidel, dřeva a papíru.
- Kreatin – Bílkovina, na jejíž bázi jsou vybudovány vlasy, vlna, peří, nehty, ... Hlavní využití mají v textilním průmyslu.
- Kolagen – Hlavní organická složka oporného systému živočichů, vynikají velkou pevností v tahu, ale malou schopností deformace [1,2,15].

2.2.2 Syntetické polymery

Syntetické polymery se v přírodě nevyskytují. Vyrábějí se chemickou syntézou, odtud název syntetické. V průmyslovém měřítku se dnes vyrábí velké množství různých polymerů a pryskyřic. Prakticky veškeré přírodní polymery obsahují jako hlavní prvky uhlík a vodík. Výchozími surovinami jsou pro dnešní produkci převážně petrochemické suroviny – zemní plyn, ropa a uhlí [1].

2.2.2.1 Termoplasty

Termoplasty jsou polymery, které lze zvýšením teploty uvést do stavu plastického ze stavu tuhého, a že tato změna je vratná. Termoplastů je mnoho druhů.

Dělí se:

Polyolefiny a fluoroplasty (PE, PP, PB)
Vinylové polymery (PVC, PVAC, PVAL)
Styrenové a akrylové polymery (PS, kopolymery a akrylové polymery styrenu)
Polyestery a polyethery (PETP, polyakryláty, polyethery)
Polyamidy a polyuretany (PA, PUR) [2,15].

2.2.2.2 Reaktoplasty

Reaktoplasty jsou polymery, které nevratnou chemickou reakcí přecházejí z lineárního do síťovaného stavu (tzv. vytvrzování). Jsou to plasty, které zahřátím nebo přidáním vytvrzovacího prostředku přecházejí do nerozpustného a netavitelného stavu. Používají se např. k výrobě lisovacích hmot, vrstvených materiálů, lehčených hmot, lepidel a nátěrových hmot [2,15].

Dělí se:

Fenoplasty (Novolaky, resoly)
Animoplasty (čisté, směsné a modifikované aminopryskyřice)
Epoxidové pryskyřice
Polyesterové pryskyřice
Silikonové pryskyřice [2,15].

2.2.2.3 Syntetické kaučuky

Kaučuky pro všeobecné použití - Tato skupina polymerů dostala svůj název z důvodu jejich využití při výrobě veškerých pryžových výrobků. Hlavními představiteli polymerů a kopolymerů izoprenu a butadienu. Jedná se o nenasycené řetězce z důvodu výskytu dvojné vazby. Výjimkou jsou kaučuky ethylenpropylenové, které mají nasycený hlavní makromolekulární řetězec, kopolymery ethylenu a propylenu neobsahují dvojné vazby vůbec, terpolymery ethylenu a propylenu a nekonjugovaného dienu výhradně v bočních řetězcích. Kaučuky se díky svému téměř nepolárnímu charakteru rozpouštějí v alifatických a aromatických uhlovodících a chlorovaných rozpouštědlech. Pryže z kaučuků pro všeobecné použití značně bobtnají i v olejích. Oleje jsou však dobrými změkčovadly.

(Izoprenové kaučuky, butadienstyrenové kaučuky, butadienové kaučuky, ethylenpropylenové kaučuky, butylkaučuky.)

Olejevzdorné kaučuky – Tyto kaučuky se od kaučuků předešlých liší hlavně svou polaritou. Čím polárnější olej, tím polárnější musí být kaučuk, jenž má oleji odolávat. Pro nepolární oleje se často používá chlorprenový kaučuk, s výhodou velké odolnostmi pryže vůči povětrnostnímu stárnutí. Pro polárnější prostředí se používají butadienakrylonitrilové kaučuky. Kaučuky fluorohliníkové odolávají prakticky všem mazivům, tekutým palivům a zředěným kyselinám, jsou teplovzdorné a poměrně drahé. Největší odolnost vůči olejům vykazují polysulfidové kaučuky, nejsou však teplovzdorné.

(Chlorprenový kaučuk, butadienakrylonitrilové kaučuky, akrylátové kaučuky, polysulfidové kaučuky.)

Teplovzdorné kaučuky – Hlavními představiteli jsou kaučuky fluorohliníkové a silikonové, které můžeme současně označit i za mrazuvzdorné. Jsou vhodné k výrobě pryží využívajících se při teplotách -90 – 200 °C. Jejich vlastnosti se s měnící teplotou prakticky nemění. Podléhají ovšem hydrolýze [1,2,15].

3. PRAŠNOST

Prašnost neboli polétavý prach je výrazným polutantem zatěžujícím ovzduší. Je to hlavní vehikulum toxikologicky významných rizikových prvků a dalších organických škodlivin.

Dospělí člověk nadýchá denně okolo 10 m³ vzduchu, běžná početní koncentrace částic i v relativně čistých regionech Evropské unie řádově tisíců částic v cm³, což nám dává denní dávku organismu v desítkách miliard částic. Člověk průměrně vdechne 15-20 cm³ vzduchu (18-24 kg) za den, takže i nepatrné koncentrace mohou výrazně ovlivnit zdraví [3,4,27].

3.1 Původ prachových částic

Primárně se mohou částice do ovzduší dostat emisemi z bodových, liniových a plošných zdrojů znečišťování ovzduší. Dále se mohou dostávat do ovzduší již jednou usazené částice tzv. re-emisí (může tvořit až 40 % všech emisí). Další možností je tvorba sekundárních částic z plynných prekurzorů (krystalky síranů, dusičnanů i VOC) i emise z větrné eroze.

Z hlediska primárních emisí jsou to většinou zdroje z dopravy, spalování fosilních paliv, dále zdroje z domácnosti (hlavně v zimním období). Mimo těchto obvyklých zdrojů se na celkové prašnosti podílí i zdroje netypické, které si málokdo spojí se znečištěním ovzduší. Těmito zdroji jsou například krystalky mořské soli, které se k nám dostanou oceánským prouděním, dále saze z požárů a sopek, pylové částice, prašné a písečné bouře či kosmické částice dopadající z kosmu.

V neposlední řadě částice vznikají samovolně z převážně organických prekurzorů fyzikálními metodami v ovzduší cestou nukleace, aglomerace, koagulace a kondenzace [4,6,26].

3.2 Typy látek vázané na prašné částice

Znečištění ovzduší může obsahovat celou řadu škodlivin. Největším nebezpečím jsou však látky v pevném a kapalném stavu nasorbované na částice prašného aerosolu (saze, pyl, zrnka zeminy a písku atd.), jedná se zejména o POPs, těžké kovy, azbest, některé toxiny a radioaktivní látky. Rozdělení:

1) POPs

PCBs - Tyto uhlovodíky ve své struktuře obsahují 1-10 atomů chloru v různých konfiguracích (nejvíce toxické jsou koplanární kongenery). Celkově existuje 209 kongenerů PCB. Mají široké využití hlavně jako teploměrná média, teplotnosné a ohnivzdorné antikorozní hydraulické kapaliny ve vakuových pumpách a vrtných strojích nebo mazadla dielektrické kapaliny v kondenzátorech.

OCPs - Většina z nich patří mezi organochlorové insekticidy. Nejznámějším zástupcem této skupiny je DDT jehož výroba již byla zakázána (V ČR roku 1974). Ve vzácných případech se využívá i dnes, ale jeho použití je kontrolováno (např. na hubení komárů při přemnožení). Kvůli vysoké perzistenci se i přesto zastavení využívání je stále životní prostředí přesyceno. V přírodě dochází k pomalé

degradaci DDT na DDE a DDD. Dalším zástupci skupiny je HCH, aldrin a dieldrin.

PAU - Sloučeniny obsahující 2 a více kondenzovaných benzenových jader v angulárním, lineárním a klastrovém uspořádání. Benzenová jádra mohou být různě substituovány. Nejčastějšími substituenty jsou alkyl, nitro, halogen, amino a hydroxo. Substituenty mohou být i různé oxidační produkty jako chinony, karbonyly a karboxylové kyseliny.

Dioxiny - Skupina dioxinů zahrnuje 2 podskupiny a to PCDD a PCDF, které vznikají při hoření a spalovacích procesech radikálovými reakcemi z organického materiálu, který obsahuje atomy chloru. Tvoří kongenery podobně jako PCB s jednoho až osmi atomů chloru v molekule. Celkově existuje 210 kongenerů, z toho 135 PCDF a 75 PCDD. Nejvíce toxické jsou kongenery 2,3,7,8 – TCDD a TCDF.

2) Těžké kovy – Pojem těžké kovy není v literatuře přesně stanoven, základním kritériem je hustota vyšší než $5 \text{ g}\cdot\text{cm}^{-3}$, ale toto kritérium neplatí například pro hliník a selen. Navíc tato definice neuvažuje existenci organokovových sloučenin, avšak dimethylrtuť a tetraethylolovo nacházíme pořád i po ukončení používání olovnatých benzínů a dalších chemikálií v životním prostředí. Lepším názvem pro tuhle skupinu jsou kovy toxické. Mezi toxickými kovy se nejvíce sledují olovo, kadmium, chrom, nikl a rtuť.

3) Asbest – Jde o skupinu přírodních křemičitanů s vláknitou strukturou. Tyto minerály mají vynikající technické vlastnosti jako nehořlavost, špatnou tepelnou i elektrickou vodivost, jsou chemicky stálé a mají vynikající pevnost v tahu, díky kterým byly hojně využívány ve stavebnictví. Jemné částice asbestu s poměrem šířky a délky větším poměrem šířky a délky větším než 3:1 mají však karcinogenní účinky. Zvýšené imise asbestu mají za následek pomalu vyvíjející se fibrózu plic, tzv. asbestózu [4,5,6,21].

3.3 Zdravotní rizika spojená s prašnými částicemi

Nebezpečí prašných částic spočívá v jejich vniknutí do organismu dýchacím traktem, kde mohou působit jak fyzikálně (dráždí a poškozují sliznice), tak chemicky (částice na sobě mohou nést pyly, alergeny, těžké kovy, polyaromatické uhlovodíky atp.).

Zdravotní riziko rovněž roste spolu se snižujícím se poloměrem částic. Zatímco částice nad $10 \mu\text{m}$ člověk vykašle, částice do $10 \mu\text{m}$ se již dostávají do horních cest dýchacích a dále. Jemnější frakce do $2,5 \mu\text{m}$ se pak dostávají až do plic, kde se usazují. Ta nejjemnější frakce pod $1 \mu\text{m}$ se může přes plicní sklípky dostat až do krevního řečiště, kde se spolupodílí na vzniku kardiovaskulárních chorob.

Nejčastějším zdravotním poškozením vlivem zatížení ovzduší jsou bronchitidy dětí, chronická bronchitida dospělých, astma s progresí se stoupajícím věkem a chronická obstrukční nemoc plicní. Nejvýznamnějším kofaktorem těchto nemocí je kouření, při kterém se do těla uvolňuje přes 4 000 chemických látek, z nichž minimálně 40 je karcinogenních.

Částice tak způsobují významný vzrůst rizika úmrtí na respirační choroby u dětí do 1 roku života, ovlivňuje u dětí rychlost vývoje plic, zhoršuje astma a způsobuje další respirační symptomy jako kašel a bronchitidu. Částice PM_{10} má vliv na nárůst incidence nespírálních chorob (zejména bronchitidy, případně po dlouhodobé expozici astma). Částice $PM_{2,5}$ vážně ovlivňuje zdraví, zvýšení počtu úmrtí na kardiovaskulární symptomy, onemocnění cest dýchacích a rakoviny plic [6,7].

3.4 Legislativní otázka prašnosti

Z legislativního hlediska EU je hlavním dokumentem pro ochranu ovzduší dokument SMĚRNICE EVROPSKÉHO PARLAMENTU A RADY 2008/50/ES ze dne 21. května 2008 o kvalitě vnějšího ovzduší a čistším ovzduší pro Evropu. Upřesňuje uložení měřících stanic v závislosti na rozloze, metody měření, místa odběru, kritické úrovně, opatření požadovaná v případě překročení limitů, plány pro zlepšení kvality ovzduší, informování veřejnosti a metody měření prašnosti.

Tabulka č. 1.: Stanovení požadavků pro posuzování koncentrací PM_{10} a $PM_{2,5}$ ve vnějším ovzduší v rámci zóny nebo aglomerace [16].

	24 hodinový průměr PM_{10}	Roční průměr PM_{10}	Roční průměr $PM_{2,5}$ (1)
Horní mez posuzování	70 % mezní hodnoty ($35 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$, nesmí být překročeno častěji než 35krát za rok)	70 % mezní hodnoty ($28 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$)	70 % mezní hodnoty ($17 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$)
Dolní mez posuzování	50 % mezní hodnoty ($25 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$, nesmí být překročeno častěji než 35krát za rok)	50 % mezní hodnoty ($20 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$)	50 % mezní hodnoty ($12 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$)
(1) Horní a dolní mez pro posuzování pro $PM_{2,5}$ se nevztahují na měření k posouzení dodržování cíle snížení expozice $PM_{2,5}$ pro ochranu lidského zdraví			

Tabulka č. 2.: *Minimální počet míst pro odběr vzorku pro stacionární měření k posouzení dodržování mezních hodnot pro ochranu lidského zdraví a varovných prahových hodnot v zónách a aglomeracích, v nichž stacionární měření představuje jediný zdroj informací [16].*

Obyvatelstvo aglomerace nebo zóny (v tisících)	Pokud maximální koncentrace překračuje horní mez pro posuzování (1)	Pokud maximální koncentrace leží mezi dolní a horní hranicí pro posuzování
	Částice PM (2) (součet částic PM ₁₀ a PM _{2,5})	Částice PM (2) (součet částic PM ₁₀ a PM _{2,5})
0-249	2	1
250-499	3	2
500-749	3	2
750-999	4	2
1 000-1 499	6	3
1 500-1 999	7	3
2 000-2 749	8	4
2 750-3 749	10	4
3 750-4 749	11	6
4 750-5 999	13	6
≥ 6 000	15	7

(1) Je potřeba zachovat místa odběru vzorku, kde byla v posledních třech letech překročena mezní hodnota pro PM₁₀, pokud není nutné místo odběru ze zvláštních důvodů, zejména v důsledku územního rozvoje, změnit.

(2) Pokud se PM₁₀ a PM_{2,5} měří podle článku 8 na stejné monitorovací stanici, počítají se jako dvě samostatná místa odběru vzorku.

K posuzování znečištění v blízkosti bodových zdrojů se počet míst odběru vzorků pro stacionární měření vypočítá s přihlédnutím k úrovním emisí, pravděpodobnému prostorovému rozložení znečištění vnějšího ovzduší a potenciální expozici obyvatelstva.

Referenční metody odběru vzorku a měření prašnosti

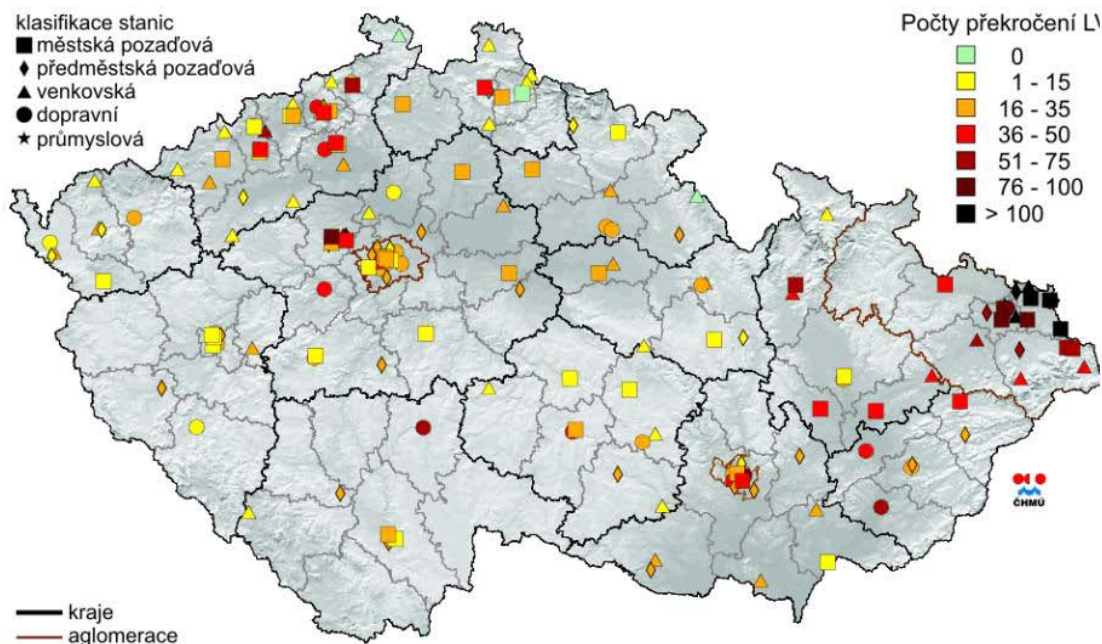
Referenční metoda pro odběr vzorků a měření PM₁₀ je popsána v normě EN 12341: 1999 „Kvalita ovzduší – Stanovení frakce PM₁₀ aerosolových částic – Referenční metoda a postup při terénní zkoušce ověření požadované těsnosti shody mezi výsledky hodnocené a referenční metody“.

Referenční metoda odběru vzorků a měření PM_{2,5} je popsána v normě EN 14907: 2005 „Normovaná gravimetrická metoda stanovení frakce PM_{2,5} aerosolových částic“.

V legislativě České republiky se prašností zabývá zákon č. 597/2006 Sb. Nařízení vlády o sledování a vyhodnocování kvality ovzduší.

Všechny uvedené přípustné úrovně znečištění ovzduší pro plynné znečišťující látky se vztahují na standardní podmínky - objem přepočtený na teplotu 293,15 K a normální tlak 101,325 kPa. U všech přípustných úrovní znečištění ovzduší se jedná o aritmetické průměry.

Imisní limity pro prašné částice PM₁₀ je stanoven na 50 µg.m³ s dobou průměrování 24 hodin. Pro částice není stanoven limit pro přípustnou četnost překročení. Pro částice PM_{2,5} nejsou stanoveny v legislativě ČR žádné limity. Úroveň znečištění ovzduší PM_{2,5} se posuzuje z hlediska ročního aritmetického průměru, ročního mediánu, ročního 98. percentilu a ročního maxima z dvacetičtyřhodinových průměrných hodnot [8,9,18,20].



Obr. č. 2.: Počty překročení limitu pro PM_{10} v roce 2009 [18].

3.5 Stanovení a vysvětlení pojmu polétavý prach

Pojem „polétavý prach (PM_{10})“ je nesprávný překlad anglického termínu „*particulate matter* (PM_{10})“ uvedeného v původním znění (Regulations (EC) No. 166/2006 of the European Parliament and of the Council of 18 January 2006 concerning the establishment of a European pollutant release and transfer register and amending Council directives 91/689/EEC and 96/61/EC).

Pojem „*particulate matter*“ se překládá do češtiny dvěma způsoby podle oblasti využití tohoto pojmu. Při hodnocení znaku kvality volného ovzduší (tj. venkovního, vnitřního a pracovního) se tento pojem překládá jako aerosolové částice (všechny částice v daném objemu vzduchu) (CSN EN 12341).

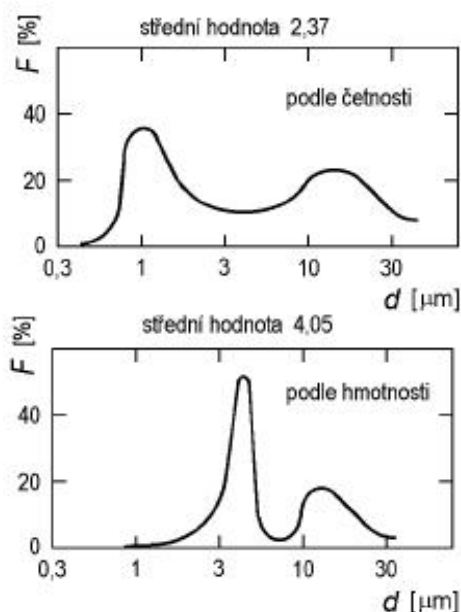
Při posuzování odpadních plynů se pojem „*particulate matter*“ se překládá do češtiny jako tuhé znečišťující látky – viz zákon o ochraně ovzduší, příloha 1 (Zákon o ochraně ovzduší 86/2002).

Je třeba poznamenat, že určitá nejednotnost panuje i v mezinárodních normách, např. mezinárodní norma (CSN ISO 4225) uvádí pojem „*prach*“ (dust) – malé tuhé částice o průměru pod $75\ \mu\text{m}$, které se vlastní hmotností usazují, ale mohou zůstat v suspendovaném stavu po jistou dobu a dále „*prach*“ (grit) – polétavé tuhé částice přenášené v ovzduší nebo v odpadních plynech. Formální nedostatky použitého výrazu „polétavý prach“ však zcela zastiňuje použití pojmu PM_{10} jako charakteristiky odpadních plynů.

Výraz PM_{10} je cílové označení pro vzorkování thorakálních částic ve volném ovzduší (CSN EN 13241), přičemž thorakální částice (thoracic particles) jsou vdechované částice pronikající za hrtan (CSN ISO 7708). V podstatě se jedná o konvenci, jíž se určitému typu vzorkovacího zařízení přisuzuje vlastnost separovat aerosolové částice do dvou skupin: na částice o aerodynamickém průměru větším než $10\ \mu\text{m}$, které se nezachycují a na částice o aerodynamickém průměru menším než $10\ \mu\text{m}$, které se zachycují.

Tato thorakální konvence (thoracic convention) je tedy specifikace přístrojů k odběru vzorku pro stanovení thorakální frakce. Thorakální konvenci určuje rovněž mezinárodní norma pomocí vzorkovací křivky pro přístroje odebírající thorakální frakci (CSN ISO 7708). Příloha A příslušné evropské normy (CSN EN 13241) uvádí vzorkovací konvenci frakce PM_{10} v porovnání s požadavky zmíněného mezinárodního předpisu – viz následující tabulka. Nejasnosti pojmu PM_{10} lze nalézt i v prováděcím předpisu k zákonu o ovzduší, který stanoví, že PM_{10} představuje podle § 3, odst. 2, písm. b) částice, které projdou velikostně-selektivním vstupním filtrem vykazujícím pro aerodynamický průměr 10 (Nařízení vlády č. 597/2006).

Distribuce velikosti částic v odpadním plynu i ovzduší je většinou multimodální. Příkladem takové distribuce může být analýza úletového popílku dvou velkých spalovacích zdrojů vybavených fluidními topeništi pro spalování hnědého uhlí uvedená na následujícím obrázku, který uvádí geometrické průměry a četnost velikostí zachycených částic.



Obr. č. 3.: Distribuce velikosti částic-dvě různá fluidní topeniště [10].

Analýza vzorků:

Prvním krokem analýzy je shromáždění reprezentativního vzorku tuhých částic, které se zpravidla provádí separací pevné a kapalné fáze heterogenní matrice - aerosolu, která je zpravidla doprovázena imobilizací částic na vhodném materiálu a úpravou zachyceného vzorku. Druhým a zpravidla konečným krokem je stanovení celkové hmotnosti depozitu.

V některých případech se u vzorku zjišťuje ještě jeho složení, tj. stanovení jednotlivých analytů ve shromážděné hmotě částic, a případně určení distribuce velikostí částic, jejich morfologie, původu apod.

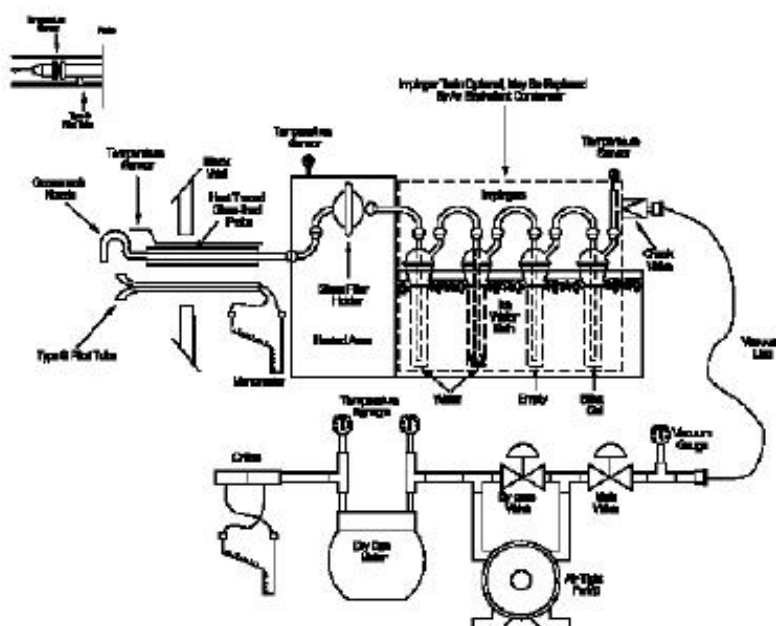
Manuální metody stanovení:

Základní metodou stanovení tuhých znečišťujících látek je manuální gravimetrická metoda, které se používá jako metody rozhodčí. Největší problém u analýzy je se sběrem vzorku. Je to dáno charakterem proudění v uzavřeném prostoru a ve volném ovzduší, charakterem tuhých částic, vlivem gravitace a dalších faktorů.

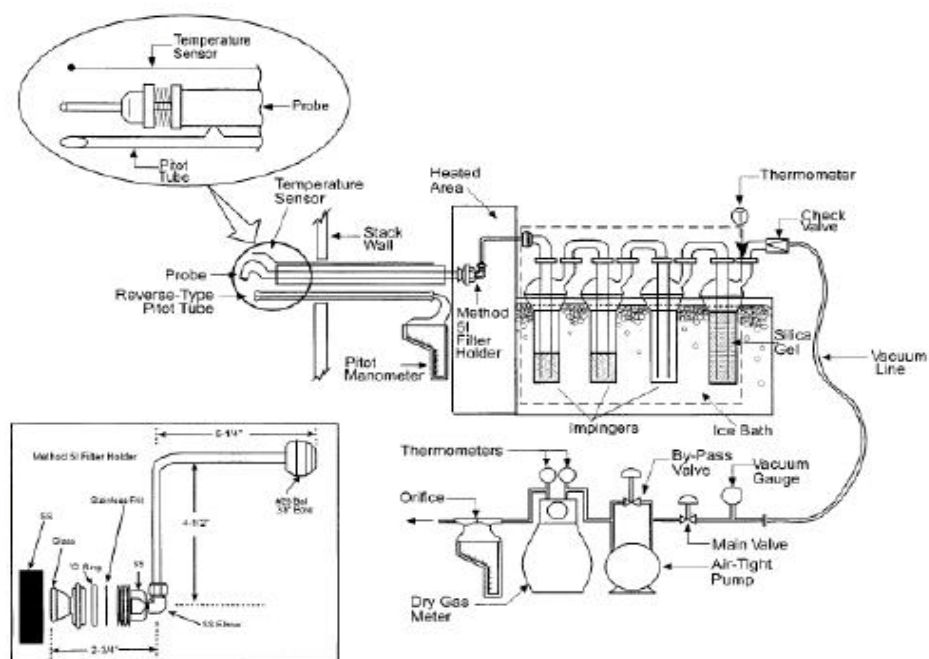
Při použití papírového filtru se množství prachových částic určuje fotometricky, kdy se malým úsekem filtru prosaje určité množství vzduchu a tato část pokrytá zadrženým prachem se posune k fotometrickému vyhodnocení, kde se měří absorbance. Poté se změří a odečte absorbance neexponovaného filtračního papíru.

Metody zavedené US EPA pro stanovení prachu v odpadních plynech:

Method 5I – Determination of low level particulate matter emissions from stationary sources
(Code of Federal Regulations US EPA 1999) – obdobná metodě uvedené v evropské normě
(CSN EN 13284-1).

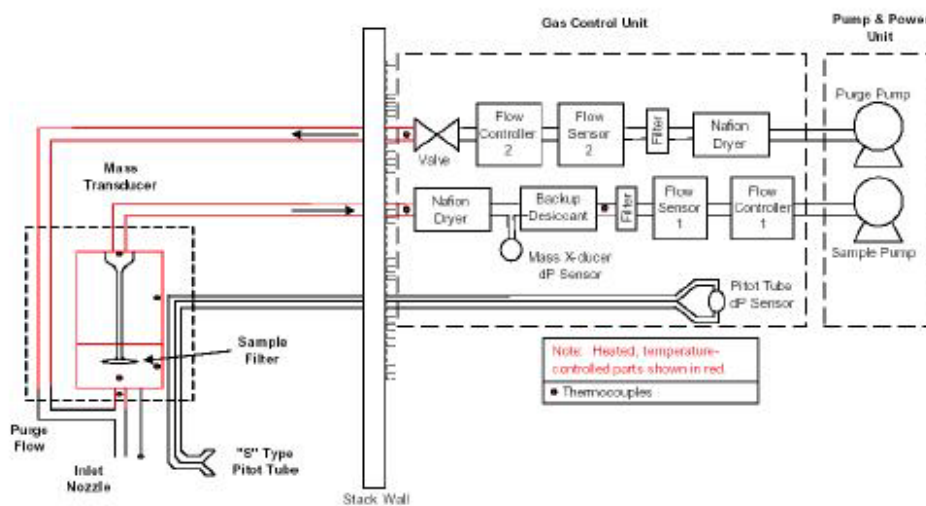


17



Obr. č. 5.: Vzorkovací trať pro Method 5I [10].

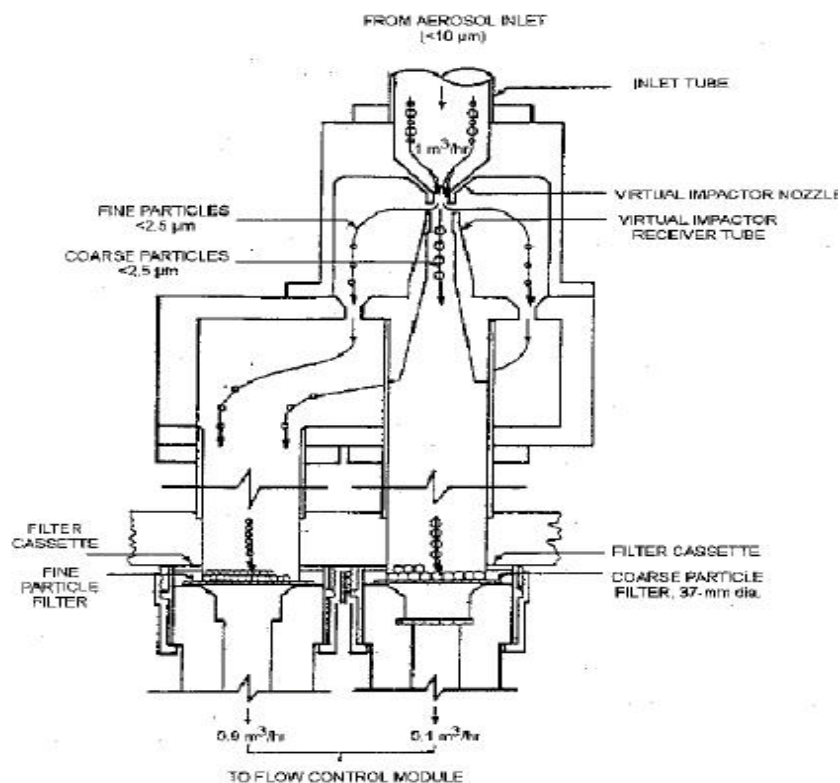
Velmi perspektivní metodou pro stanovení tuhých znečišťujících látek v odpadních plynech je metoda využívající frekvenčního snímače hmotnosti depozitu s kmitajícím kuželíkem (TEOM).



Obr. č. 6.: Měřicí systém TOEM [10].

Pro stanovení thorakální frakce aerosolových částic (PM_{10}) ve venkovním ovzduší je určena metoda zavedená US EPA:

Method IO-2.1 Sampling of ambient air for total suspended particulate matter (SPM) and PM_{10} using high volume (HV) sampler (Compendium of methods for the determination of inorganic compounds in ambient air US EPA 1999), je určena pro stanovení celkového obsahu aerosolových částic (SPM) a thorakální frakce těchto částic (PM_{10}) ve venkovním ovzduší za použití vysokoprůtokového (Hi-Vol) vzorkovacího zařízení s typickým průtokem vzorku $(1,13 - 1,70) \text{ m}^3 \cdot \text{min}^{-1}$ a plochých filtrů z křemenných nebo skleněných vláken. Provedení odběru vzorku závisí na cílech měření.



Obr. č. 7.: Vstupní hlavice vysokoprůtokového (Hi-Vol) vzorkovacího zařízení [10].

Instrumentální metody stanovení:

Pro měření emisí ze stacionárních zdrojů znečišťování ovzduší, a to především pro měření emisí ze spaloven odpadů, byla vypracována Evropská norma (CSN EN 13284-2). Tato norma se hlavně zabývá postupy prokazování jakosti potřebné k zjištění toho, aby automatizované měřicí systémy instalované k měření prachu ve spalínách zabezpečily požadované nejistoty dané legislativou.

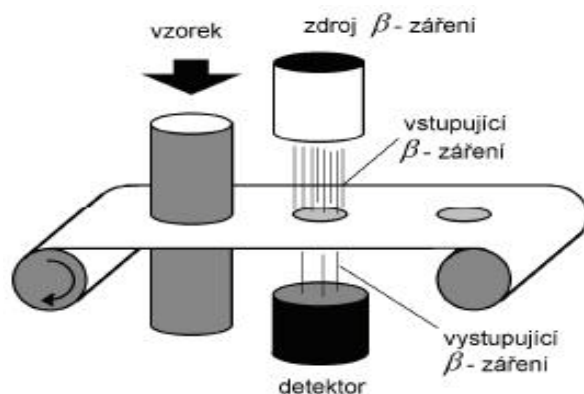
Pro on-line stanovení tuhých částic v odpadních plynech se používá mnoho metod s různými principy jako turbidimetrie či absorpce elektromagnetického záření v různých oblastech spektra, avšak žádná z těchto metod není zahrnuta v některých normovaných metodách.

US EPA zavedla pro stanovení thorakální frakce aerosolových částic PM_{10} ve venkovním ovzduší soubor metod:

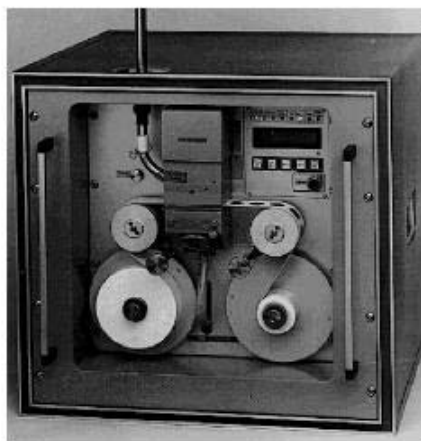
1.: *Method IO-1.1 Determination of PM_{10} in ambient air using the Andersen continuous beta attenuation monitor* (Compendium of methods for the determination of inorganic compounds in ambient air US EPA 1999), která využívá na měření venkovního ovzduší nízkoprůtokový vzorkovací zařízení s typickým průtokem vzorku $16/7 \text{ l} \cdot \text{min}^{-1}$ a s pásky ze skleněných vláken. Provedení vzorku opět závisí na cílech měření. Tato radiometrická metoda stanovení je založena na měření intenzity záření částic ${}^4_2\text{He}$ (tj. b-záření), procházející vrstvou částic zachycených na vhodně upravených filtrech. Proud aerosolu se přivádí do detektoru, kde je prosáván páskový filtrem vyrobeným ze skelné tkaniny. Filtr se pohybuje v určitých sekvencích tak, aby se na filtru nahromadilo dostatečné množství částic. Pohyb pásky řídí procesor tak, aby záření vyzařované zářičem procházelo exponovanou a poté neexponovanou částí filtru. Tím dochází k eliminaci vlivu pozadí. Absorbance b-záření se měří Geiger - Mullerovým počítačem.



Obr. č. 7.: Příklady konstrukce vstupních hlavic vzorkovacích zařízení PM_{10} [10].



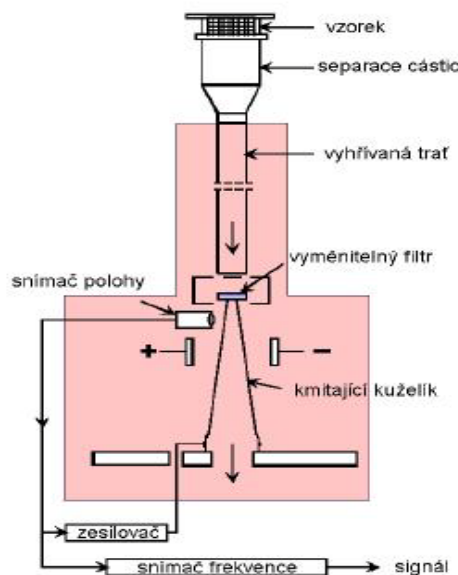
Obr. č. 8.: *Princip analyzátoru využívající absorpce β -záření* [10].



Obr. č. 9.: *Příklad analyzátoru pro absorpci β -záření* [10].

2.: *Method IO-1.2 Determination of PM_{10} in ambient air using the Thermo Environmental Instruments (formerly Wedding and Associates) continuous beta attenuation monitor* (Compendium of methods for the determination of inorganic compounds in ambient air US EPA 1999). Je určena pro stanovení thorakální frakce aerosolových částic (PM_{10}) ve venkovním ovzduší za použití nízkoprůtokového vzorkovacího zařízení typickým průtokem vzorku $18,9 \text{ l} \cdot \text{min}^{-1}$ a pásky vyrobené ze skleněných vláken. Provedení odběru vzorku závisí na cílech měření. Vzorkovací hlavice se používají stejně jako v předchozí metodě.

3.: *Method IO-1.1 Determination of PM_{10} in ambient air using a continuous Rupprecht and Patashnick (R&P) TEOM® particle monitor* (Compendium of methods for the determination of inorganic compounds in ambient air US EPA 1999), je určena pro stanovení thorakální frakce aerosolových částic (PM_{10}) ve venkovním ovzduší v rozsahu od $5 \mu\text{g} \cdot \text{m}^{-3}$ až několika $\text{g} \cdot \text{m}^{-3}$. Provedení odběru vzorku závisí na cílech měření [10,11,12,13,,14,19,27].



Obr. č. 10.: *Kontinuální analyzátor TOEM* [10].

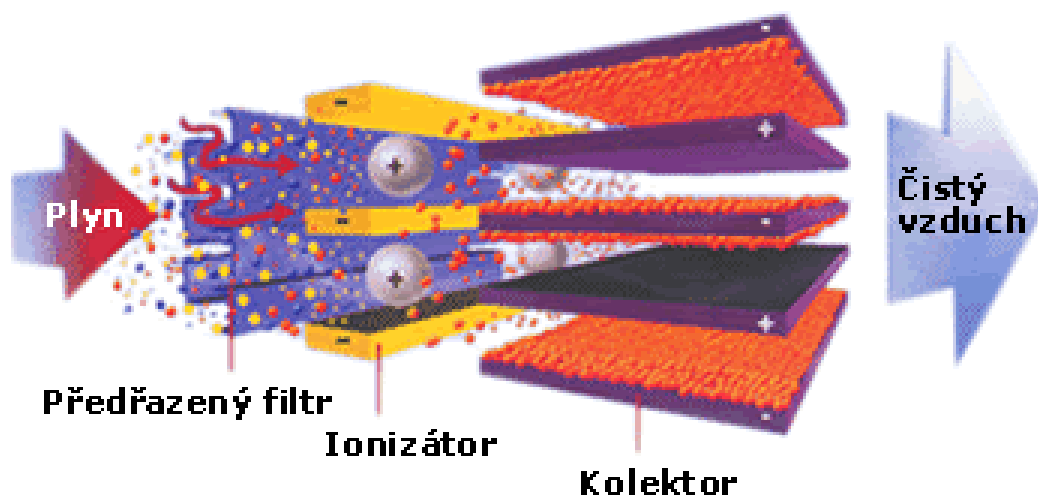
3.6 Metody boje s prašností

Odlučování prachu bývá prvním stupněm čištění odpadních plynů. Dochází k odloučení pevných částic a k částečnému odloučení těžkých kovů, které na prachu kondenzují. Emisní limit $10 \text{ mg} \cdot \text{m}_n^{-3}$ vyžaduje odlupčivost vyšší než 99 %. Odloučený prach může obsahovat dioxiny a je nebezpečným odpadem. Nejčastěji používanými odlučovači jsou elektrostatické odlučovače a tkaninové odlučovače. Řidčeji se lze setkat s multicyklony, které se instalují u spaloven spalující kapalná paliva a pračkami Venturi.

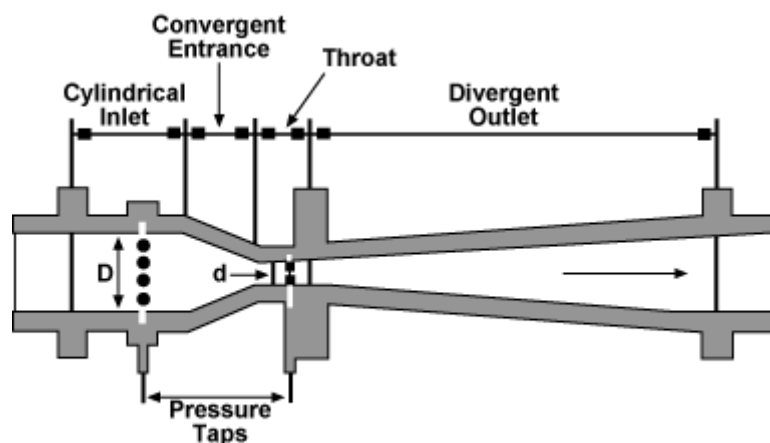
Elektrostatické odlučovače: - Jejich nespornou výhodou je, že kladou nízký odpor průtoku spalin a oproti tkaninovým filtrům mají nízkou spotřebu energie. Lze je aplikovat na plyny s teplotou do 350°C . Dnes se realizují převážně s pěti samostatně napájenými sekcemi, z nichž jedna je rezervní pro případ výpadku jiné sekce s cílem dodržet emisní limit. Hodnota emisního limitu $10 \text{ mg} \cdot \text{m}_n^{-3}$ pro elektrostatické odlučovače je obtížně dosažitelná.

Tkaninové odlučovače: - Slouží k bezpečnému odloučení prachu ze spaloven. Lze používat pro plyny s teplotou do 250°C , pro tyto teploty bývá tkaninou expandovaný polytetrafluorethylen. Prach se zachycuje na tkanině, na které vytváří filtrační koláč. Tkaninové odlučovače kladou značný odpor proudění plynu, což se odrazí ve spotřebě elektřiny pro pohon ventilátoru spalin. Filtrační tkaniny nesmí zvlhnout, aby nedocházelo k nalepování filtračního koláče na tkaninu. Jsou náročnější na investice a údržbu než elektrostatické odlučovače.

Venturiho pračky: - Pro odlučování submikronických částic se používají pračky Ventura, které účinně odstraňují i částice o velikosti desetin mikrometrů. Dochází u nich ke shlukování aerosolu vody a prachu. Odlučivost je funkcí určité hodnoty tlakové ztráty a klesá, pokud tlaková ztráta je příliš vysoká nebo nízká. Obvykle se používají odlučovače s větším počtem sériově řazených Venturiho trubic malého průměru se společným odlučovačem kapek [4,13,21].



Obr. č. 11.: Obrázek komerčně dostupného elektrostatického odlučovače [22].



Obr. č. 12.: Obrázek Venturiho trubice využívané ve venturiho pračkách [23].

3.7 Situace v ČR

V České republice a v Polsku je situace nejhorší z celé Evropské unie. V porovnání čistoty ovzduší asi ve 30 velkých evropských městech z hlediska znečištění poléťavým prachem vyšlo jako vůbec nejhorší město Praha. Co se kvality ovzduší České republiky týče, zabývá se jím Registr emisí a zdrojů znečišťování ovzduší (REZZO), který je provozován od roku 1993 a je spravován Českým hydrometeorologickým ústavem. Každoročně si nechává ministerstvo životního prostředí zpracovat ročenku o stavu ovzduší v České republice za uplynulý rok.

Na zpracování se podílí společnost Cenia a Český statistický úřad. V rámci ISKO jsou jednotlivé body měření prašnosti rozděleny do více zdrojů, Rezzo 1 sbírá technické údaje asi z 3 700 zvláště velkých a velkých zdrojů znečištění, Rezzo 2 z 30 000 středních zdrojů, z malých zdrojů, obcí a jednotlivých městských částí Rezzo 3 a z mobilních zdrojů Rezzo 4.

Pro zpracování emisní bilance hlavních znečišťujících látek zvláště velkých, velkých a středních zdrojů jsou využívány výhradně údaje ohlášené provozovateli zdrojů. Pro emisní bilanci malých spalovacích zdrojů (vytápění bytů) je používána metodika zpracování údajů ze Sčítání lidu, domů a bytů (SLDB).

Tabulka č. 3.: *Tabulka celkových emisí TZL za jednotlivé roky v kategorii oblastí Rezzo1* [18].

	2004	2005	2006	2007	2008
t . rok ⁻¹	13 229	12 442	12 059	12 467	9 939
% emisí celkem	21,7	19,9	17,8	18,7	15,4

Tabulka č.4.: *Tabulka celkových emisí TZL za jednotlivé roky v kategorii oblastí Rezzo2* [18].

	2004	2005	2006	2007	2008
t . rok ⁻¹	5 061	5 019	5 541	5 565	5 954
% emisí celkem	8,3	8,1	8,1	8,3	9,2

Tabulka č.5.: *Tabulka celkových emisí TZL za jednotlivé roky v kategorii oblastí Rezzo3* [18].

	2004	2005	2006	2007	2008
t . rok ⁻¹	16 301	16 446	20 224	18 850	20 029
% emisí celkem	26,7	26,3	29,8	28,2	31,0

Tabulka č.6.: *Tabulka celkových emisí TZL za jednotlivé roky v kategorii oblastí Rezzo4* [18].

	2004	2005	2006	2007	2008
t . rok ⁻¹	26 427	28 568	30 080	29 923	28 656
% emisí celkem	43,3	45,7	44,3	44,8	44,4

Tabulka č.7.: *Tabulka měrných emisí TZL v jednotlivých krajích (za rok 2008)* [18].

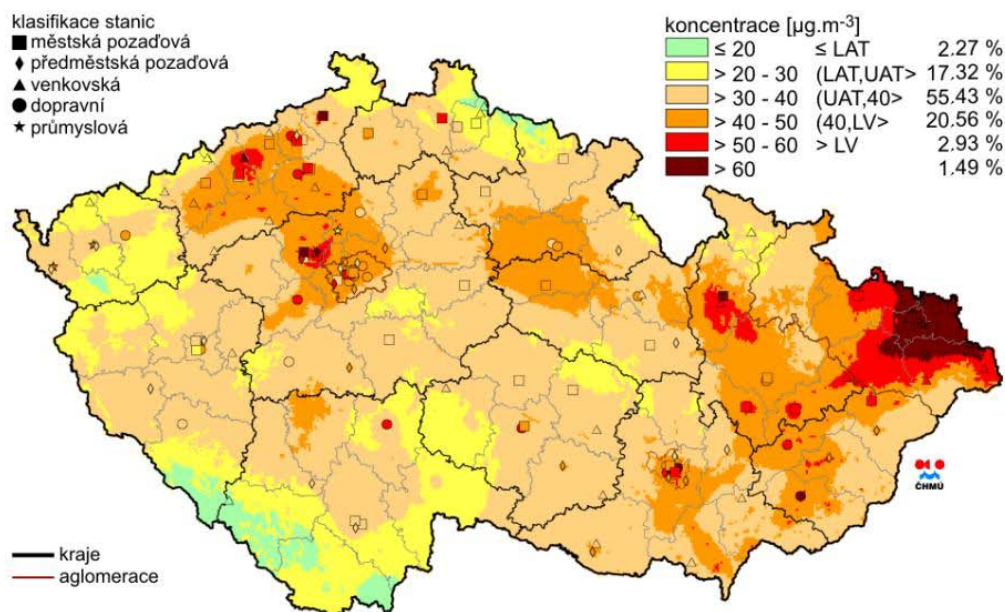
Kraj	Praha	středočeský	Jihočeský	Jihomoravský	moravskoslezský	ČR
Rozloha(km ²)	496	11 014	10 056	7 066	5 554	78 866
Množství (t . rok ⁻¹ .km ⁻²)	4,59	0,99	0,55	0,73	1,49	0,82

Znečištění ovzduší částicemi frakce PM₁₀ zůstává jedním z hlavních problémů kvality ovzduší v ČR. Znečištění ovzduší částicemi PM₁₀ překračuje i nadále imisní limity, přestože naměřené koncentrace této látky v r. 2008 proti minulým letům poklesly na většině lokalit zejména vlivem příznivějších meteorologických a rozptylových podmínek a také poklesem celkových emisí tuhých látek (REZZO 1).

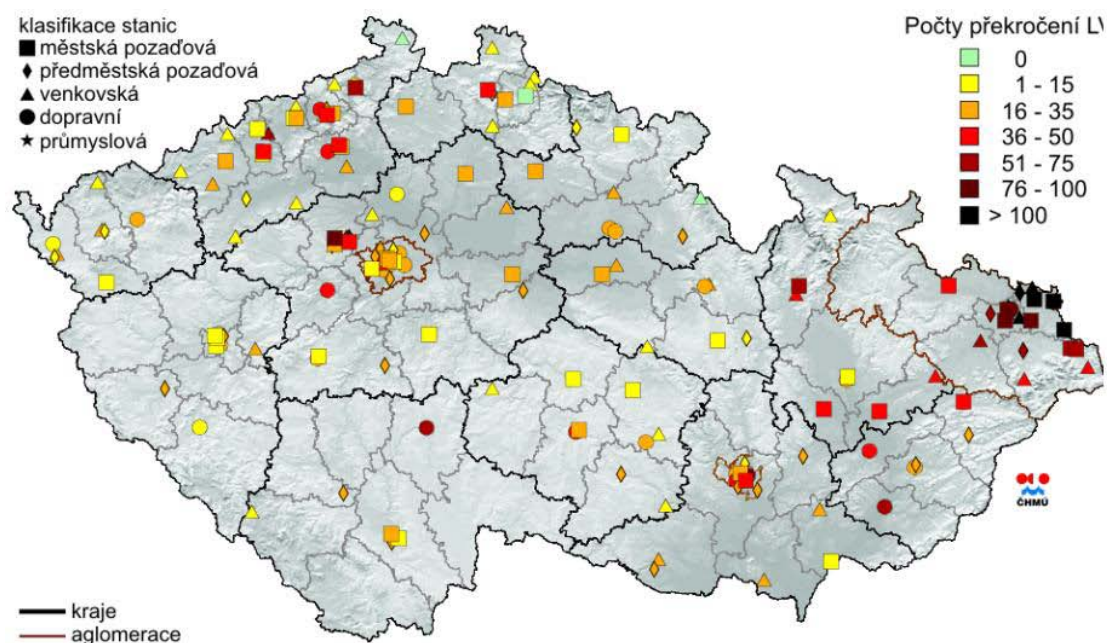
Imisní limit pro 24hodinovou koncentraci PM₁₀ byl v r. 2008 překročen opět nejčastěji v Moravskoslezském kraji (Ostravsko-Karvinsko), v menší míře pak v Jihomoravském kraji, v Praze, v Olomouckém, Středočeském, Ústeckém, Jihočeském a Zlínském kraji. Imisní limit pro 24hodinovou průměrnou koncentraci byl překročen na 2,9 % území (v r. 2006 na 28,5 % území, v r. 2007 na 6,3 % území), limit pro roční průměrnou koncentraci byl překročen na 0,44 % území ČR (v r. 2006 na 2,3 % území, v r. 2007 na 0,7 % území). V oblastech, kde koncentrace PM₁₀ v r. 2008 překročily imisní limity, žije zhruba 15 % populace (v r. 2006 to bylo více než 62 % populace, v r. 2007 pak 32 % populace).

Nejzávažnější situace ve znečištění suspendovanými částicemi zůstává na území Moravskoslezského kraje (Ostravsko-Karvinsko). Je to důsledek toho, že v této oblasti k dopravě a lokálním zdrojům, které jsou hlavními emisními zdroji suspendovaných částic i v ostatních regionech, přistupují i další významné zdroje emisí částic, kterými jsou hutní průmysl a průmysl zpracování paliv. K imisnímu zatížení této oblasti přispívá rovněž regionální přenos ze zdrojů v Polsku (silně industrializovaná oblast Katovic).

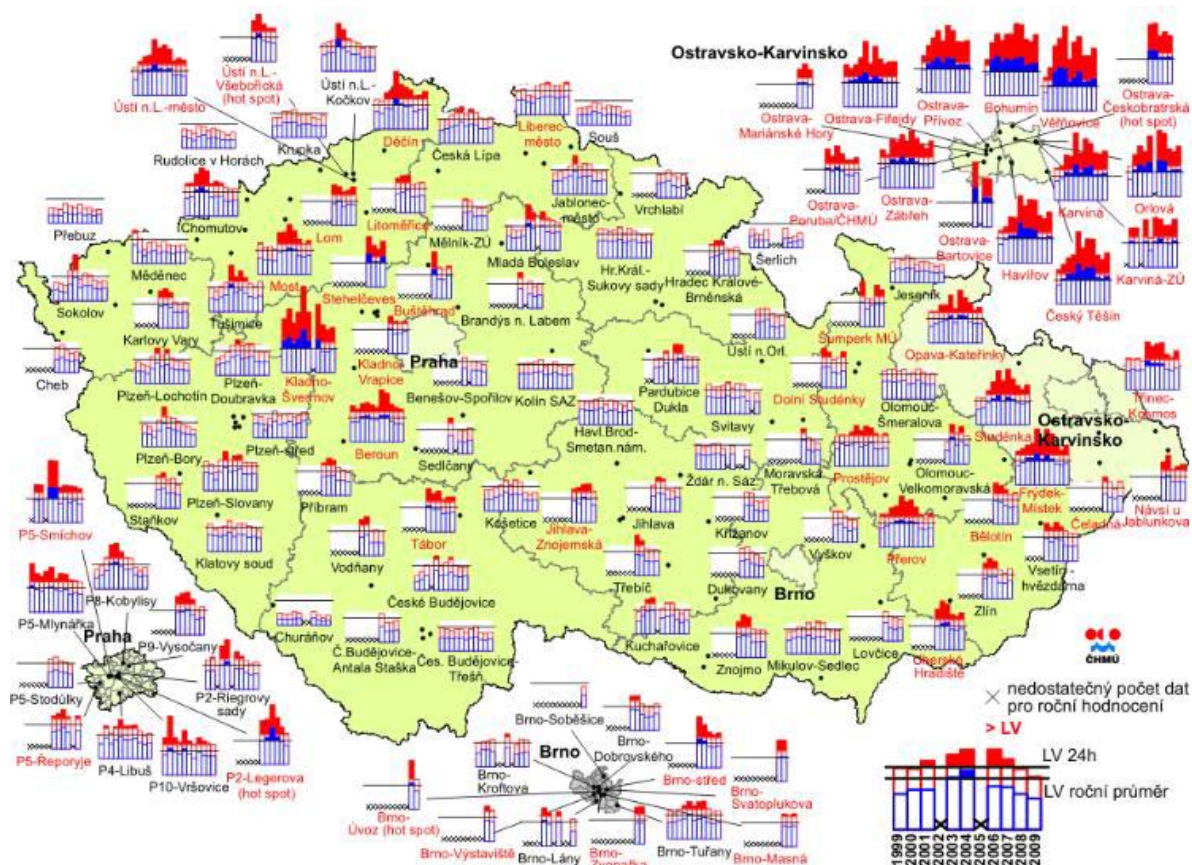
Od r. 2005 se měří koncentrace jemnější frakce částic $PM_{2,5}$. V r. 2008 probíhalo měření na 25 lokalitách a na devíti z nich byla roční průměrná koncentrace vyšší než navrhovaný imisní limit (směrnice 2008/50/ES) pro částice $PM_{2,5}$ ($25 \mu g \cdot m^{-3}$). Situace oproti roku 2007 se zlepšila, ale nejvyšší koncentrace byly opět naměřeny v oblasti Ostravska-Karvinska [17,18,20].



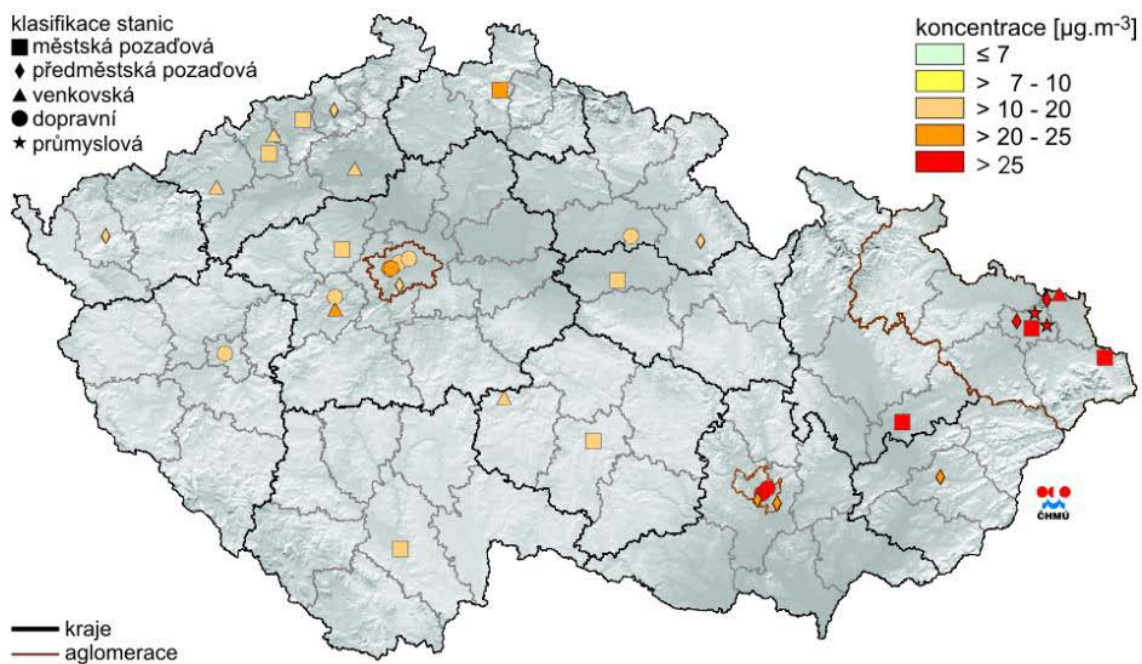
Obr. č. 13.: Roční průměrné koncentrace PM_{10} v roce 2009 [18].



Obr. č. 14.: Nejvyšší 24 hodinová koncentrace PM_{10} v roce 2009 [18].



Obr. č. 15.: Nejvyšší 24hod koncentrace a průměrná koncentrace částic PM₁₀ v letech 1999- 2009 [18].



Obr. č. 16.: Roční průměrné koncentrace částic PM_{2,5} v roce 2009 [18].

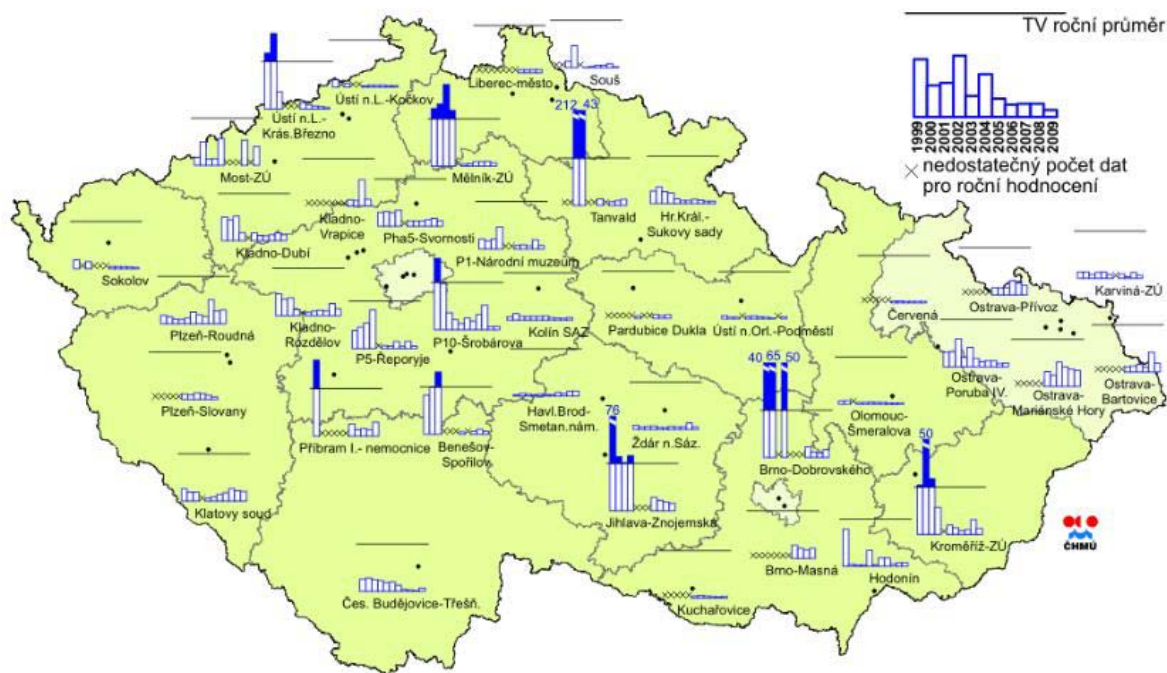
Co se týče suspendovaných částic na prašné částice PM_{10} je na území sledován na docela hojném počtu měřicích stanic, v roce 2008 na 68 lokalitách. Vedle ČHMÚ se měřením suspendovaných částic na prašných částicích zabývají i zdravotní ústavy.

V r. 2008 nebyl v žádné lokalitě překročen cílový imisní limit pro nikl ani imisní limit pro olovo. Nejvyšší roční průměrné koncentrace kadmia byly naměřeny na stanici ZÚ Ostrava- Mariánské Hory, arzenu na stanicích ZÚ Ostrava-Bartovice, Ostrava-Mariánské Hory, Praha 5 Řeporyje, Stehelčevěs, Kladno-Vrapice a na stanici ČHMÚ Kladno-Švermov. Na uvedených stanicích byl překročen cílový imisní limit pro tyto látky. Ačkoliv oproti roku 2008 vzrostl počet lokalit s překročením imisního limitu pro arzen, přibližně na dvou třetinách lokalit roční průměrná koncentrace poklesla. Pokles koncentrace kadmia byl zaznamenán v Libereckém kraji na lokalitě Tanvald, kde v předchozích letech byly zaznamenány nadlimitní koncentrace.

Dalším významným sorbetem na polétavý prach, který má vliv na zdraví člověka je hlavně azbest, který způsobuje onemocnění zvané azbestóza [17,18].

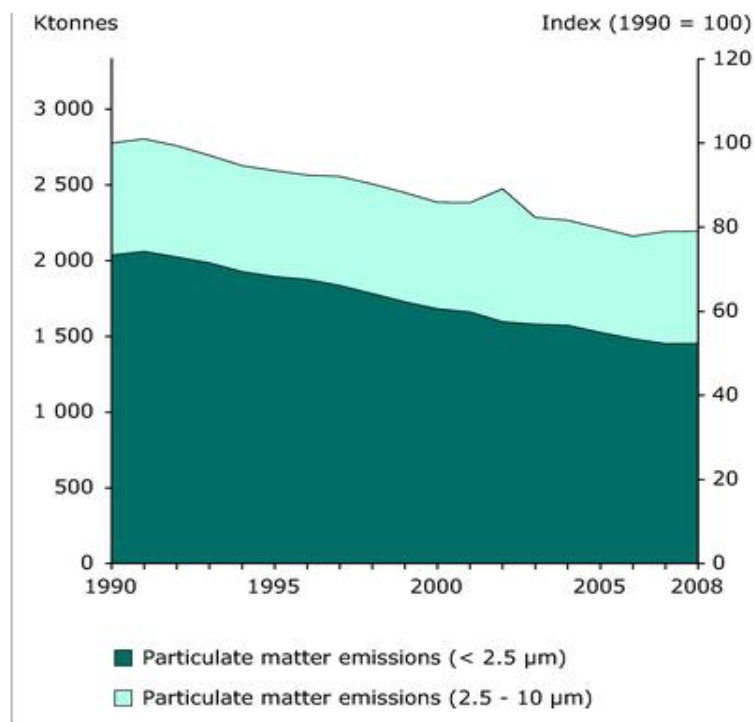


Obr. č. 17.: Roční průměrná koncentrace olova v letech 1999-2009 [18].

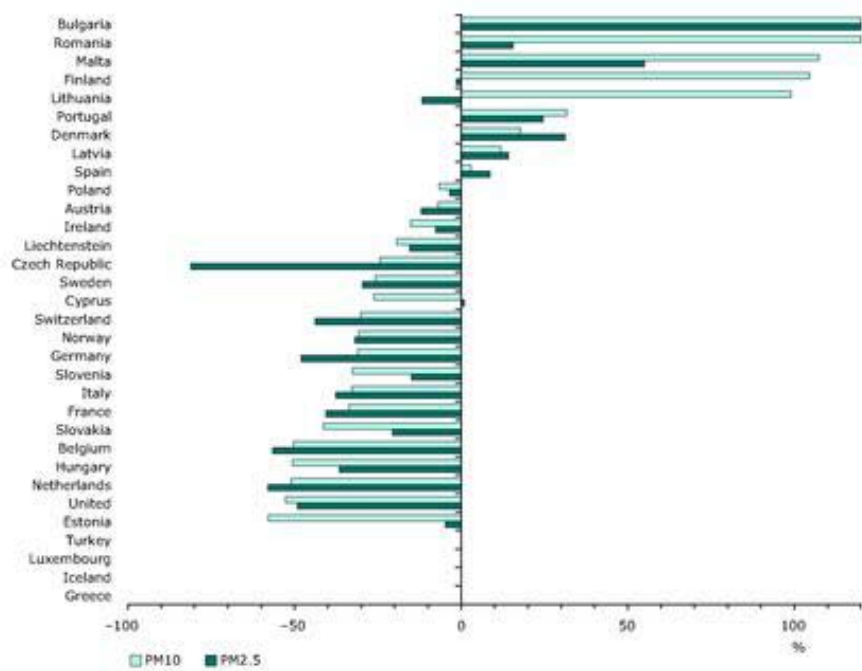


Obr. č. 18.: *Roční průměrná koncentrace niklu v letech 1999-2009 [18].*

Z evropského hlediska tak dochází k postupnému snižování prašnosti jak částic PM_{10} , tak $\text{PM}_{2,5}$, ne však ve všech zemích, jak uvidíme v následujících grafech. Česká republika v evropském měřítku stojí v zemích s postupně snižujícími emisemi PM [16,17].



Obr. č. 19.: *Trend emisí PM_{10} a $PM_{2,5}$ v letech 1990-2008 v Evropě* [16].



Obr. č. 20.: Postavení ČR v porovnání s evropskými zeměmi v letech 1990-2008 [16].

4. DEFINICE A VLASTNOSTI APLIKOVANÉHO POLYMERU

Produkt HPMC od firmy Cypher Environmental Ltd., má obchodní název “Dust Stop” („Stop prachu“). Cypher Environmental Ltd. je globální společnost, která se zabývá výrobou produktů přispívajících ke zlepšení životního prostředí. Firma si zakládá na své pověsti, tzn., že jejich výrobky přispívají ke zlepšení životního prostředí a jsou pro životní prostředí bezpečné; kromě toho se výzkumná oddělení této společnosti snaží hledat nové cesty směřující ke zlepšení stavu životního prostředí. Firma rovněž poskytuje rychlou a profesionální podporu svým zákazníkům.

Produkt Earthzyme obsahuje účinnou látku Hydroxypropylmethyl celulosu. Jedná se o 100% biodegradabilní netoxický polymer, který není nebezpečný pro vegetaci ani pro volně žijící živočichy. Hodnota pH tohoto produktu je neutrální, takže jeho použití nemění pH půdy, na kterou je aplikován. Dokonce se tento produkt používá také na zmírnění erozí ze svahů. Je vysoce odolný vůči UV záření a proti půdním bakteriím. Rovněž je nekorozivní a odolný vůči ohni.

Tento polymer lze zařadit do skupiny stabilizátorů, emulgátorů a dokonce se využívá také jako zahušťující látka v pekařské výrobě. Výše specifikovaná látka nemá nežádoucí účinky, pouze může ve větších koncentracích způsobovat zažívací obtíže, tj. průjem nebo žaludeční nevolnosti. Tato látka má potravinářské označení E 464.

Látka HPMC je v systému CAS popisována jako chemická substance s označením CAS 009004-65-3. Dynamická viskozita 2% roztoku je 3 500- 15 000 cP, hustota je $1,341 \text{ g}\cdot\text{cm}^{-3}$ a LD_{50} byla stanovena na $10\,000 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ u krys.

HPMC je bílý až nažloutlý prášek, bez chuti a bez zápachu. Celková toxicita je nízká, nehrozí tak zdravotní nebezpečí při styku s touto látkou a to jak při styku s kůží, tak také při inhalaci. Polymer by se měl uchovávat na suchém místě, s teplotou nepřesahující 32°C [24].

5. VLIV PRODUKTU EARTHZYME NA SNÍŽENÍ PRAŠNOSTI

5.1 Princip aplikace produktu Earthzyme

EarthZyme se využívá především k potlačení prašnosti na cestách, avšak jeho úspěšné aplikace souvisí rovněž s potlačováním prašnosti a eroze na spoustě dalších povrchů.

V následující části bude prezentována především aplikace tohoto polymeru na nepevněné komunikace. Proto je nezbytné, a to z důvodu použití tohoto polymeru na komunikace, zabývat se také výrobou na cestách uskutečňovaná pomocí cisteren na vodu. K aplikaci polymeru musí být cisterna na vodu vybavena mixérem nebo re-cirkulačním čerpadlem, aby došlo k promíchání výrobku s vodou.

Půda, na kterou je polymer nanášen, musí být předem posouzena, stanoveny základní vlastnosti půdy, zahrnující také rozdělení podle velikosti částic a Atterbergův test.

Typický poměr ředění výrobku pro místní použití je 1 lb (0,45 kg) Dust Stop na 11,4 litru vody. Typický poměr aplikace výrobku by měl být 1 lb (0,45 kg) EarthZyme na 6 m² ošetřovaného povrchu; tzn. že 1 gallon (3,8 litru) ředěného výrobku ošetří 2 m² ošetřovaného povrchu. Nicméně se může stát, že bude nutné poměr ředění měnit, a to v závislosti na druhu půdy/zeminy, aplikačního zařízení, případně jiných ukazatelů.

První krok před aplikací zahrnuje správně spočítat plochu, která bude polymerem ošetřena. Následně je nezbytné vypočítat si množství použité vody a přípravku EarthZyme pro námi vypočítanou plochu aplikace. Po zvolení vhodného objemu cisterny se nejprve cisterna naplní vodou, zapne se re-cirkulační čerpadlo a přidá se určené množství polymeru. Vozovka musí být před aplikací dobře vyspádována a zhutněná. Cisterna by neměla být naplněna vodou až po okraj, a to z důvodu možnosti vytváření pěny během míchání. Jakmile je produkt smíchán s vodou, je připraven k aplikaci. Minimálně by však měl být míchán minimálně 5 minut před aplikací. Doporučuje se rovněž pokračovat v míchání i během aplikace. Takto rozmíchaný přípravek je na vozovku nejlépe nanášet od středu, kde je uskutečňováno největší množství dopravy a teprve poté se nanáší na obě strany, a to od středu. V nanášení pokračujeme do úplného vyprázdnění cisterny na určenou plochu. Při místním použití by měla být po dobu aplikace přerušena doprava. Doba přerušování dopravy je závislá na podmínkách během aplikace i na typu půdy. Provoz může začít ihned po aplikaci, ale pro lepší využití parametrů tohoto produktu je doporučováno, aby po dobu asi jedné hodiny se provoz úplně přerušil, a to z důvodu možného přichycení vlhkého produktu na pneumatiky vozidel. Polymer není vhodné nanášet při předpokládaném deštivém počasí [24].



Obr. č. 21.: Obrázek aplikace polymeru [24].

5.2 Výhody aplikace produktu Earthzym na povrch

EarthZyme's aplikace má za následek vyšší hodnoty pevnosti půdy a dovoluje využití méně vhodných okrajových půd, jejichž použití je závislé na drahých suplementech, jakými jsou kameniva a šterky.

Stabilizovaná půda snižuje propustnost, a to díky zvýšené půdní hustotě, která má za následek mnohem vyšší životnost, a to jak v suchém, tak i ve vlhkém počasí.

EarthZyme je 100% biologicky odbouratelný prostředek a pracuje i v půdách s obsahem jílovitých frakcí. Po aplikaci EarthZyme již jílovité částice půdy nepřitahují vodu. Přípravek současně nedovoluje vodě volně vysušovat půdu, a to díky tomu, že jílovité částice jsou těsněji sesednuty a vytvářejí dlouhotrvající efekt půdní stabilizace.

Jednou aplikovaný EarthZyme má rovněž za následek snížení tendence silnic k běžným problémům údržby, jakými jsou zvlnění, bobtnání, vznik dutin, kolejí, díry ve vozovce a prašnost cest. EarthZyme je primárně využíván pro stabilizaci nezpevněných silnic, avšak může být také použitý jako půdní stabilizátor pod vozovky jakéhokoliv typu. Hlavní výhodou aplikace tohoto polymeru je výrazné snížení emisí prachových částic do ovzduší [24].



Obr. č. 22.: *Obrázek projíždějícího vozidla po vozovce před aplikací EarthZyme [24].*



Obr. č. 23.: *Obrázek projíždějícího vozidla po vozovce po aplikaci EarthZyme [24].*

6. ZÁVĚR

Z poznatků prezentovaných v teoretické části jednoznačně vyplývá, že polétavý prach stále představuje významný polutant životního prostředí, který musí být sledován. Hlavním důvodem je schopnost škodlivých látek sorbovat se na částice polétavého prachu.

Polétavý prach tak roznáší škodlivé látky do všech míst Země. V různých studiích, publikovaných a prováděných na celém světě je uváděno, že určité látky patřící do skupiny prioritních polutantů byly detekovány i na takových místech (Arktida, Antarktida, pouště), kde nikdy nebyly použity. Jejich přítomnost lze proto jednoznačně přičíst sekundární kontaminaci způsobené transferem těchto látek prostřednictvím ovzduší.

Ke studiu a průkazu stopových, v některých případech dokonce i ultrastopových koncentrací škodlivin přítomných v ovzduší, přispěl také velký rozvoj přístrojové techniky, který v současnosti umožňuje posuzovat kontaminaci způsobenou polétavým prachem prostřednictvím částic o menším průměru.

V dnešní době se již běžně stanovují částice o velikosti 10 a 2,5 μm , avšak postupně se začínají analyzovat také částice menší než 1 μm . Je známo, že čím je částice menší, tím je nebezpečnější pro zdraví člověka; tato částice je nebezpečná zejména proto, že dokáže déle zůstat v atmosféře. Bylo prokázáno, že částice o velikosti menší jak 1 μm dokáž í v ovzduší zůstat i po dobu 14 dní.

Proto je nezbytné, a to především z důvodu škodlivosti polétavého prachu, omezit jeho množství v atmosféře. Právě k tomuto účelu byl vyvinut perspektivní polymerní materiál kanadské provenience, s názvem Earthzyme. Tento produkt slouží zejména jako půdní stabilizátor, který zabraňuje víření prachu z nepevněných komunikací, dále ze skládek, případně je úspěšně využíván také ke zmírnění eroze. Jeho hlavní předností je to, že není škodlivý pro životní prostředí a také to, že jeho aplikace není finančně nákladná. Navíc tento produkt vykazuje i další kladné vlastnosti, vhodné pro místo aplikace. Earthzyme jako produkt vyrobený na bázi polymerních sloučenin dokáže snížit prašnost, zvýšit životnost komunikace, na kterou byl aplikován. Finanční náklady spojené s jeho aplikací jsou výrazně nižší, než finanční náklady, které by představovaly využití jiného způsobu pro zpevnění vozovky.

Dále nesmí být opomenuta ta skutečnost, že v rámci celosvětového boje, souvisejícího se zlepšením klimatu, představuje tento prostředek velký přínos, protože způsobuje podstatné snížení prašnosti. Pokud jsou však na polétavý prach nesorbovány rovněž prioritní anorganické i organické polutanty, umožňuje aplikace tohoto produktu nejen snížení množství polétavého prachu, ale také snížení koncentrace anorganických a organických polutantů typu rizikových prvků, PCB, PAU, případně také PCDD a PCDF.

7. SEZNAM LITERÁRNÍCH ZDROJŮ

- [1] DUCHÁČEK, Vratislav. *Polymery – výroba, vlastnosti, zpracování, použití* [online]. Praha : VŠCHT , 2006 [cit. 2011-02-15]. Dostupné z WWW: http://vydavatelstvi.vscht.cz/knihy/uid_isbn-80-7080-617-6/pages-img/001.html
- [2] ŠŇUPÁREK, Jaromír. *Makromolekulární chemie*. Pardubice : Univerzita Pardubice, 2006. 167 s.
- [3] VÍDEN, Ivan. *Chemie ovzduší*. Praha : VŠCHT Praha, 2005. 98 s.
- [4] VEJVODA, Josef; MACHAČ, Pavel; BURYAN, Petr. *Technologie ochrany ovzduší a čištění odpadních plynů*. Praha : VŠCHT Praha, 2003. 226 s.
- [5] MINIERO, R.; LAMICELI, A.L. Persistent Organic Pollutants . *Encyclopedia of Ecology* . 2008, 1, s. 2672-2682.
- [6] SKŘIL, Robert , et al. Nové poznatky tvorby prachových částic v dýchací zóně člověka aplikované v lokalitě Mokrá-Horákov. *Zpravodaj 2008 pro obec Mokrá-Horákov* [online]. 2008, 18, 5, [cit. 2011-02-14]. Dostupný z WWW: <http://www.mokra-horakov.cz/zpravodaj-obce/ms-3077/p1=3081>
- [7] JAROŠ, František . *Choroby dýchacích organov a organický prach*. Martin, SR : Osveta, 1995. 203 s.
- [8] *o sledování a vyhodnocování kvality ovzduší*. Česká republika : Vláda České republiky, 12.12.2006. 7945 s.
- [9] Evropská unie. O kvalitě vnějšího ovzduší a čistším ovzduší pro Evropu. In *SMĚRNICE EVROPSKÉHO PARLAMENTU A RADY 2008/50/ES*. 21. května 2008 , s.1-44. Dostupný z WWW: <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2008:152:0001:0044:CS:PDF> [cit. 2011-02-14]
- [10] SKÁCEL, F, TEKÁČ, V.: *Podklady pro Ministerstvo životního prostředí k provádění Protokolu o PRTR - přehled metod měření a identifikace látek sledovaných podle Protokolu o registrech úniku a přenosu znečišťujících látek v únicích do ovzduší*, VŠCHT Praha, MŽP Praha, 2007.
- [11] LEE, S.Winn. Fine particulate matter next term measurement and international standardization for air quality and previous term emissions from stationary sources. *Fuel*. 2010, 33, s. 874-882.
- [12] CSN EN 13241 *Kvalita ovzduší – Stanovení frakce PM₁₀ aerosolových částic – Referenční metoda a postup při terénní zkoušce ověření požadované těsnosti shody mezi výsledky hodnocené a referenční metody*, CNI Praha 2000.

- [13] POPL, Milan; FAHNRICH, Jan. *Analytická chemie životního prostředí*. Praha : Ediční a audiovizuální centrum VŠCHT, 1995. 262 s.
- [14] ŠIMEČEK, Jaroslav. *Měření a hodnocení prašnosti na pracovištích*. Praha : ČSVTS-komitét pro životní prostředí, 1980. 48 s.
- [15] ZÁMORSKÝ, Zdeněk. *Nauka o polymerech*. Brno : VUT, 1982. 121 s.
- [16] <http://www.eea.europa.eu> [cit. 2011-03-21].
- [17] CENIA. *Statistická ročenka ministerstva životního prostředí České republiky 2009*. Praha : CENIA, 2010. 697 s.
- [18] <http://portal.chmi.cz> [cit. 2011-03-21].
- [19] CSN ISO 7708 *Kvalita ovzduší – Definice velikostních frakcí částic pro odběr vzorku k hodnocení zdravotních rizik*, CNI Praha 1998.
- [20] <http://www.mzp.cz> [cit. 2011-03-21].
- [21] Skácel F., Tekáč V.: *ANALÝZA OVZDUŠÍ - Stanovení hlavních znečišťujících látek v odpadních plynech*. VŠCHT Praha 2002, 191 stran
- [22] <http://www.uas-inc.de/cs/filter/elektrofilter.htm> [cit. 2011-03-18].
- [23] <http://www.ddc-online.org/Input-Output-Tutorial/Flow.html> [cit. 2011-03-18].
- [24] <http://www.cypherenvironmental.com> [cit. 2011-02-19].
- [25] IRZ CENIA [online]. 2008 [cit. 2011-03-21]. Polétavý prach. Dostupné z WWW: <<http://irz.cenia.cz/irz/new/node/179>>.
- [26] HUŇOVÁ, Iva; JANOUŠKOVÁ, Svatava. *Úvod do problematiky znečištění venkovního ovzduší*. Praha : Karolinum, 2004. 144 s.
- [27] KRŮMAN, Kamil. *Analýza organických markerů pro identifikaci zdrojů atmosférických aerosolů*. Brno, 2011. 102 s. Dizertační práce. VUT Brno, Fakulta chemická.

8. SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK

MDD	- Maximální hustota za sucha
PE	- Polyethylen
PP	- Polypropylen
PB	- Polybutylen
PVC	- Polyvinylchlorid
PVAL	- Polyvinylalkohol
PS	- Polystyren
PETP	- Polyethylen tereftalát
PA	- Polyamid
PUR	- Polyuretan
VOC	- Těkavé organické látky
POP	- Perzistentní organické polutanty
PCB	- Polychlorované bifenyly
OCP	- Organochlorované pesticidy
PAU	- Polyaromatické uhlovodíky
DDT	- Dichlordifenyiltrichlormethylmethan
DDE	- Dichlordifenyldichloroethylen
DDD	- Dichlordifenyldichlorethan
HCH	- Hexachlor cyklohexan
PCDD	- Polychlorované dibenzodioxiny
PCDF	- Polychlorované dibenzofurany
TCDD	- Tetrachlorodibenzo-p-dioxin
TCDF	- Tetrachlorodibenzo-p-furan
PM	- Particular matter (tuhé znečišťující látky)
EPA	- Enviromental protection agenci (agentura pro ochranu životního prostředí)
REZZO	- Registr emisí a zdrojů znečišťování ovzduší
HPMC	- Hydroxypropylmethyl celuloza
LD	- Lehal dose (smrtná dávka)